

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-136758

(43)公開日 平成8年(1996)5月31日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/18

6/16

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/ 00

M

E

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-258142

(22)出願日 平成7年(1995)9月11日

(31)優先権主張番号 特願平6-244691

(32)優先日 平6(1994)9月13日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72)発明者 赤坂 洋一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(72)発明者 杉崎 隆一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(72)発明者 梅田 淳

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 五十嵐 清

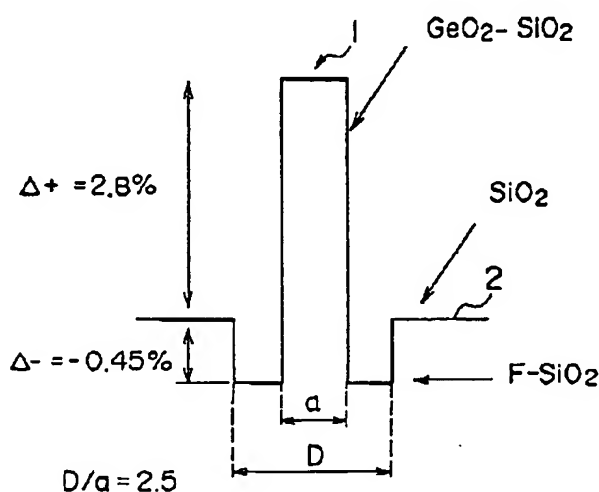
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 波長多重伝送用分散補償光ファイバ

(57)【要約】

【課題】 波長多重光伝送に適した分散補償光ファイバを提供する。

【解決手段】 分散補償光ファイバの屈折率分布をW形とし、コア1の外側を内部クラッド層2とし、その外側を純石英の最外層のクラッド層とする。コア1には比屈折率差で2.8%屈折率を高くするゲルマニウムをドーピングし、内部クラッド層には比屈折率差で0.45%屈折率が低くなるようにフッ素を均一にドーピングする。コア1と内部クラッド層2との直径比は1:1.5~1:4.0の範囲とし、波長分散スロープが負の領域で、分散を-100 ps/nm/km以下の負の高分散構造とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバのコア半径を $a$ 、波長分散を $\sigma$ 、光送信信号の波長を $\lambda$ とした場合、波長分散スロープ( $d\sigma/d\lambda$ )が零になるコア半径を $a_0$ とし、 $d\sigma/d\lambda = -0.28\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ となるコア半径を $a_1$ としたとき、 $a_0 \leq a \leq a_1$ の範囲内で波長分散 $\sigma$ を $\sigma \leq -100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ の範囲とした波長多重伝送用分散補償光ファイバ。

【請求項2】 光ファイバのコア半径を $a$ 、波長分散を $\sigma$ 、光送信信号の波長を $\lambda$ とした場合、波長分散スロープ( $d\sigma/d\lambda$ )が零になるコア半径を $a_0$ とし、 $d\sigma/d\lambda = -0.28\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ となるコア半径を $a_1$ としたとき、 $a_0 \leq a \leq a_1$ の範囲内で波長分散 $\sigma$ を $\sigma \leq -100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ の範囲とし、光ファイバの屈折率構造はW形の屈折率分布を有し、コアの外側に内部クラッド層を形成し、その外側を最外層のクラッド層とし、内部クラッド層は屈折率を低くするドーパントが比屈折率差で $-0.45\%$ になるようにドーパされ、最外層のクラッド層は純石英とし、コアには屈折率を高めるドーパントが比屈折率差で $+2.8\%$ になるようにドーパされている波長多重伝送用分散補償光ファイバ。

【請求項3】 光ファイバの屈折率構造はW形の屈折率分布を有し、コアの外側に内部クラッド層を形成し、その外側を最外層のクラッド層とし、内部クラッド層は屈折率を低くするドーパントが比屈折率差で $-0.45\%$ になるようにドーパされ、最外層のクラッド層は純石英とし、コアには屈折率を高めるドーパントが比屈折率差で $+2.8\%$ になるようにドーパされ、コアと内部クラッド層の直径比を1対1.5～1対4.0の範囲とした請求項1記載の波長多重伝送用分散補償光ファイバ。

【請求項4】 波長が1550nmで分散波長スロープを負の領域とし、かつ、コア径が $2.1\mu\text{m}$ より大で $2.3\mu\text{m}$ より小さい範囲において、光波長1550nmでの波長分散値が $-100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ より小であって $-170\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ よりも大とした請求項3記載の波長多重伝送用分散補償光ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数の波長の光送信信号を多重送信するとき、特に、波長1550nm近辺での波長多重伝送時の波長分散を補償する波長多重伝送用分散補償光ファイバに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光通信のファイバネットワークとして1300nm零分散ファイバネットワークが知られている。このファイバネットワークでは、波長1300nmの光信号を送信することによって、受信側ではほぼ零分散の受信波が得られ、信頼性の高い光通信が行われる。

【0003】 最近においては、この既設の1300nm零分散ファイバネットワークを用いて、複数の波長の光送信

号(光パルス送信信号)を伝送する波長多重通信が行われつつある。既設の1300nm零分散伝送網で波長1550nm近辺の波長を使用して波長多重通信を行うと、 $17\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 程度の分散が生じ、長距離伝送に障害が生じる。一般に、波長分散には正の分散と負の分散があり、正の分散は、波長が大きくなるに連れ、光伝送路の屈折率が小さくなって光伝送速度が大きくなり、この速度アップ分に対応してパルス幅が広がる現象を言い、負の分散は、これとは逆に波長が大きくなるに連れ、光伝送路の屈折率が高くなって光伝送速度が減少し、この速度減少分に対応してパルス幅が広がる現象を言う。

【0004】 通常の既設の1300nm零分散伝送網は、波長1500nm近辺では、前記の如く $17\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 程度の分散を持っており、この伝送網で、例えば、100kmという如く、長距離伝送を行うと、その受信側では $1700\text{ps}/\text{nm}$ 程度の分散が生じ、1550nm近辺で波長を細分割して高密度高速通信を行おうとすると、前記の如く、分散が大きいために、一方側の波長の信号と他方側の波長の信号とが重なって信号の分離が困難になり、光通信性能が悪化するという問題が生じる。

【0005】 従来においては、このような波長分散の分散量増大をできるだけ防止するために、光伝送路に特定波長の分散量を補償するための分散補償光ファイバを挿入している。

【0006】 この種の分散補償光ファイバは、負の分散を持っており、前記1300nm零分散伝送網の正の分散をこの分散補償ファイバの負の分散で減殺して光伝送の特定波長の分散量の増大を防止しようとするものである。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 分散補償光ファイバには特開平6-11620号公報に示されているような5種類の屈折率構造がある。この5種類の屈折率構造は図5に示されるもので、図5の(a)、図5の(b)の屈折率分布では分散スロープ(波長の変化に対する分散の変化の割合)はいずれも正の値を持っており、このような分散補償ファイバを用いる場合は、ある特定の波長に対しては分散補償を行いうるがその他の波長に対しては、分散量が増加してしまうため波長多重伝送を行う補償光ファイバとしては不適である。図5の(c)から図5の(e)までの3種のファイバは負の分散スロープを持つ屈折率分布がありうる。この図5の(c)のいわゆるW型屈折率分布構造は古くから検討がなされているが、従来のW型ファイバは負の分散スロープは持ちうるが負の分散量が小さいため分散補償に必要なファイバ長が非常に大きくなってしまい、実用には適さないものであった。負の分散量を増加させるためにはコア径を小さくしていくとよいが、W型屈折率分布ではコア径を小さくしていくと、負の分散量を大きくしていくと、あるところから分散スロープが負から正に反転してしまい波長多重伝送に適さなくなってしまう。

【0008】本発明は上記従来の課題を解決するためになされたものであり、その目的は、既設の1300nm零分散伝送網を利用し、1550nm近辺での分散を広い波長域で補償し、波長多重伝送を可能にする波長多重伝送用分散補償ファイバを提供するため、W型屈折率分布における効果的な大きさを持つ負の分散スロープと効果的な大きさを持つ負の分散値を同時に持ちうる構造を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するために、次のような手段を講じている。すなわち、第1の発明は、光ファイバのコア半径を $a$ 、波長分散を $\sigma$ 、光送信信号の波長を $\lambda$ とした場合、波長分散スロープ( $d\sigma/d\lambda$ )が零になるコア半径を $a_0$ とし、 $d\sigma/d\lambda = -0.28\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ となるコア半径を $a_1$ としたとき、 $a_0 \leq a \leq a_1$ の範囲内で波長分散 $\sigma$ を $\sigma \leq -100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ の範囲とした構成をもって課題を解決する手段としている。

【0010】また、第2の発明は、光ファイバのコア半径を $a$ 、波長分散を $\sigma$ 、光送信信号の波長を $\lambda$ とした場合、波長分散スロープ( $d\sigma/d\lambda$ )が零になるコア半径を $a_0$ とし、 $d\sigma/d\lambda = -0.28\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ となるコア半径を $a_1$ としたとき、 $a_0 \leq a \leq a_1$ の範囲内で波長分散 $\sigma$ を $\sigma \leq -100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ の範囲とし、光ファイバの屈折率構造はW形の屈折率分布を有し、コアの外側に内部クラッド層を形成し、その外側を最外層のクラッド層とし、内部クラッド層は屈折率を低くするドーパントが比屈折率差で $-0.45\%$ になるようにドーブされ、最外層のクラッド層は純石英とし、コアには屈折率を高めるドーパントが比屈折率差で $+2.8\%$ になるようにドーブされている構成をもって課題を解決する手段としている。

【0011】さらに、第3の発明は、前記第1の発明の構成のもとで、光ファイバの屈折率構造はW形の屈折率分布を有し、コアの外側に内部クラッド層を形成し、その外側を最外層のクラッド層とし、内部クラッド層は屈折率を低くするドーパントが比屈折率差で $-0.45\%$ になるようにドーブされ、最外層のクラッド層は純石英とし、コアには屈折率を高めるドーパントが比屈折率差で $+2.8\%$ になるようにドーブされ、コアと内部クラッド層の直径比を1対1.5～1対4.0の範囲とした構成をもって課題を解決する手段としている。

【0012】さらに、第4の発明は、前記第3の発明の構成のもとで、さらに、波長が1550nmで分散波長スロープを負の領域とし、かつ、コア径が $2.1\mu\text{m}$ より大で $2.3\mu\text{m}$ より小さい範囲において、光波長1550nmでの波長分散値が $-100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ より小であって $-170\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ よりも大とした構成をもって課題を解決する手段としている。

【0013】上記構成の本発明において、例えば、既設

の1300nm零分散伝送網に本発明の波長多重伝送用分散補償光ファイバを挿入し、1550nm近辺の波長を使用して波長多重光通信を行うと、1300nm零分散伝送網を通して終端に達した各波長の光信号は大きな波長分散量を持つが、本発明の分散補償光ファイバは負の高い分散と負の分散スロープを同時に持つために、前記1300nm零分散伝送網を通ることによって発生した大きな正の分散量が分散補償光ファイバの大きな負の分散と負の分散スロープによる分散量によって減殺補償が効果的に行われ、本発明の分散補償光ファイバを通った各波長の光信号は分散量がほぼ零に近い値となる。この結果、受信側での各波長の信号分離が明確に行われ、信頼性の高い高密度高速の波長多重光伝送通信が可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1には本発明に係る波長多重伝送用分散補償光ファイバの一実施形態例の構成が示されている。

【0015】本実施形態例の分散補償光ファイバは、屈折率構造がW形構造を呈しており、そのコア1には比屈折率差 $\Delta$ の値で、 $\Delta=2.8\%$ になるように屈折率を高めるゲルマニウムGeがドーブされている。コア1の外側は内部クラッド層2となっており、この内部クラッド層2には比屈折率差 $\Delta$ の値で、 $-0.45\%$ になるように屈折率を低くするフッ素Fが均一にドーブされている。この内部クラッド層2の外側は純石英の最外層のクラッド層(図示せず)となっている。コアと内部クラッド層との直径比 $a/D$ は1:1.5～1:4.0の範囲で設定されている。

【0016】なお、図4には従来の一般的な単純ステップ形のファイバ構造を比較例として示したもので、この比較例のものは、コア1は比屈折率差で $2.8\%$ となるように屈折率を高くするゲルマニウムをドーブしてあり、コア1の外側のクラッドは、比屈折率差で $-0.45\%$ になるように屈折率を低くするフッ素Fを均一にドーブしたものである。

【0017】前記図1に示すファイバ構造のもとで、コアと内部クラッド層との直径比をパラメータとして各コア径における分散値 $\sigma$ と分散スロープ $\delta$ を計算により求めると表1～表3のようになる。

【0018】

【表1】

コア径	分散値	分散スロープ
1.6	-262	+0.86
1.7	-267	+0.97
1.8	-248	+0.92
1.9	-220	+0.61
2.0	-185	+0.29
2.1	-157	0.00
2.2	-127	-0.19
2.3	-107	-0.24
2.4	-88	-0.26
2.5	-71	-0.27
2.6	-55	-0.28
2.7	-41	-0.25
2.8	-36	-0.23
2.9	-27	-0.20
3.0	-18	-0.18
3.1	-5	-0.14
3.2	+3	-0.11

【0019】

【表2】

コア径	分散値	分散スロープ
1.83	-208.6	0.374
2.00	-170.15	0.099
2.17	-129.97	-0.083
2.33	-93.94	-0.161
2.5	-64.44	-0.193
2.67	-40.6	-0.188

\*

$$\sigma = (K/C) dM2/dK + (K/C) (d(M1-M2)/dK) d(V \cdot b)/dV + \{ (M1-M2)/C \} V d^2 (V \cdot b)/dV^2 \dots \dots (1)$$

【0023】  $\delta = d\sigma/d\lambda \dots \dots (2)$ 

【0024】 演算を行う上での各記号は次のものを表している。C：光速、K：媒体空間の波数、n1：コアの屈折率、n2：外部クラッドの屈折率、Δ：コアと外部クラッドとの比屈折率差、V： $(K \cdot n1 \cdot a(2\Delta))^{1/2}$ 、a：コア径、M1： $d(K \cdot n1)/dK$ 、M2： $d(K \cdot n2)/dK$ 、b：正規化変数。

【0025】 表1はコア径と内部クラッドとの直径比が1：2.5の場合の計算結果であり、表2はコアと内部クラッドとの直径比が1：1.5の場合の計算結果を示しており、表3はコアと内部クラッドとの直径比が1：4.0の場合の計算結果を示している。

【0026】 これらの計算結果から明らかになるように、分散スロープが正から負に反転して

\* 【0020】

【表3】

コア径	分散値	分散スロープ
1.9	-211.6	0.4498
2.0	-190.9	0.3028
2.1	-166.9	0.1621
2.2	-144.05	-0.056
2.3	-121.76	-0.119
2.4	-101.15	-0.1612
2.5	-83.07	-0.177

【0021】 なお、この分散値σと分散スロープδの演算式は次の式を用いた。

【0022】

るコア径を境として分散スロープが正から負に反転している。表1のデータでは、コア径が2.1 μmを境として分散スロープが反転し、表2のデータではコア径が2.00～2.17の間のあるコア径を境として分散スロープが反転し、表3のデータでは、コア径が2.1 μmと2.2 μmの間のあるコア径を境として分散スロープが反転している。したがって、これらの計算データに基づき、分散スロープが負の範囲で、負の高分散を持つ分散補償ファイバの構造が特定できる。

【0027】 本実施形態例ではこの点に着目し、負の分散スロープを持ち、かつ、負の高分散を持つ分散補償ファイバを提供するものであり、本実施形態例では、光

た場合、分散スロープ ( $d\sigma/d\lambda$ ) が  $-0.28\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  となるコア半径を  $a_1$  としたときに、 $a_0 \leq a \leq a_1$  の範囲内で波長分散  $\sigma$  が  $\sigma \leq -100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$  となる分散補償光ファイバを得るもので、表1のデータでは、コア径2.1~2.3の範囲でその条件が満たされており、表2のデータでは、コア径が2.17 $\mu\text{m}$ で、また、表3のデータでは、コア径が2.2~2.4nmの範囲でそれぞれ条件が満たされている。

【0028】前記各表に示す計算結果と実際に作製した分散補償光ファイバの実測値とでは多少の差があり、例えば、コア径と内部クラッドとの直径比が1:2.5の実際に作製した分散補償光ファイバの実測値は、コア径が2.124 $\mu\text{m}$ で分散値が $-163.3\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、分散スロープが $-0.129\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ の値であり、コア径が2.184 $\mu\text{m}$ では分散値が $-152\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ で、分散スロープが $-0.249\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ の値となり、前記負の分散スロープの範囲内で $-100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下となる負の高分散を持つファイバは、計算によって得られる値を参考にして(その計算値を目ざし、必要に応じて修正して)作製することによって得られる。

【0029】図2は本実施形態例における分散補償光ファイバの各コア直径に対する分散スロープと分散値との実測結果をコアと内部クラッドとの直径比をパラメータとして示したものである。この実測結果のデータに基づき、分散スロープが零以下となる範囲において、波長分散が $-100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下の負の高分散となるコア径範囲が求められ、コア径を特定することによって内部クラッド層の径が定まり、図1に示すファイバ構造を持ち優れた波長分散補償性能を備えた分散補償光ファイバが得られる。なお、図2中に図4の従来の比較例ファイバの実測データを参考のために示してある。

【0030】前記の如く、分散スロープが負の範囲で、波長分散が $-100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下となる負の高分散を持つ分散補償光ファイバを、正の分散を持つ光伝送路に挿入することにより、光伝送路で生じる大きな正の分散を効果的に補償して受信側で各波長の分散を小さな値(望ましくはほぼ零の分散)に補償することができる。通常の光伝送路は正の分散スロープを持っているので、本実施形態例の負の分散スロープを持つ分散補償光ファイバを使用することにより、各波長の受信側での波長分散のばらつき変動を抑制して、波長分散を小さなばらつきの範囲内に揃えることができるという効果も得られる。

【0031】また、既設の1300nm零分散ファイバネットワークを用いて、1550nm近辺での波長多重伝送を行う場合には、波長1550nm近辺で分散スロープが負の領域を持ち、かつ、コア径が2.1 $\mu\text{m}$ より大きく2.3 $\mu\text{m}$ より小さい範囲で分散補償光ファイバの選択条件を設定することにより、波長1550nmでの分散値が $-100\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ より小さい負の高分散のファイバが選定される。この光ファイバを分散補償光ファイバとして既設の1300nm零分

散ファイバネットワークに挿入し、1550nm近辺の波長を用いて波長多重光伝送を行うことにより、光伝送路の分散を効果的に補償して各波長の分散の小さい光信号の受信が可能となる。

【0032】図3は本実施形態例で製作した分散補償光ファイバの誘導ブリルアン散乱の実測データを示したものである。この誘導ブリルアン散乱の実測装置はグラフの内部に参考のため示してある。この図で、横軸は光の入力パワーレベルを示しており、縦軸は後方散乱光のパワーレベルを示してある。この実験データから明らかなように、入力パワーレベルが8dBmで、誘導ブリルアン散乱が生じており、この誘導ブリルアン散乱が生じる敷居値の8dBmは従来の一般的な正の分散スロープを持った分散補償光ファイバと同様であり、本実施形態例の分散補償光ファイバは、従来のものに比べ誘導ブリルアン散乱が悪化してはならず、後方散乱光を発生しない範囲で入力パワーを十分に高めることができ、実用性を十分に満足していることが分かる。

【0033】なお、本発明は上記実施形態例に限定されることはなく、様々な実施の形態を採り得るものである。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、負の分散スロープを持ち、かつ、負の高分散を有する今までにない分散補償光ファイバを提供することが可能となり、この負の分散スロープを持ち、かつ、負の高分散を持った本発明の光ファイバを正の分散を持った光伝送路に波長多重光通信の分散補償光ファイバとして使用することにより、光伝送路で生じた大きな各波長の分散量を効果的に減殺して受信側では波長分散の小さい受信波とすることが可能となり、これにより、高密度高速の波長多重光通信の信頼性を格段に高めることが可能となる。

【0035】また、本発明の分散補償光ファイバは負の高分散を持つので、光伝送路を通った光送信信号に大きな正の分散が生じて短いファイバ長でその正の分散を補償できることになる。したがって、分散補償光ファイバをパッケージに収容する場合においても、そのパッケージは小型のものでよく、嵩張らないために、非常に実用性に優れたものとなる。

【0036】さらに、既設の1300nm零分散伝送網で、1550nm近辺での波長を使用して波長多重光通信を行う場合に、本発明の分散補償光ファイバを光伝送路に挿入することにより、同様に、各波長の送信光信号の受信側での波長分散を効果的に減殺補償することができることとなり、前記既設の伝送網を利用して1550nm近辺での信頼性の高い高密度高速の波長多重通信が可能となる。

【0037】ところで、光ファイバには、光を効果的に伝搬するための条件がある。この光の伝搬条件は光ファイバの伝搬屈折率 ( $\beta/K$ ) に依存する。ここで、 $\beta$ は伝搬係数で、波動の各周波数 $\omega$ を波動の位相速度で割っ

た値であり、Kは媒体空間の波数である。

【0038】W型の屈折率分布をもつ光ファイバにおいては、前記光の伝搬屈折率はコアの比屈折率差 $\Delta^+$ と内部クラッドの比屈折率差 $\Delta^-$ の値に左右され、これらの比屈折率差 $\Delta^+$ 、 $\Delta^-$ の最適な組み合わせを見い出すことが必要となる。

【0039】本発明者の検討によれば、コアの比屈折率差 $\Delta^+$ が大きく、内部クラッドの比屈折率差 $\Delta^-$ が小さい方が伝搬条件を満たし易い傾向となり、特に、コアの比屈折率差 $\Delta^+$ を+2.8%、内部クラッドの比屈折率差 $\Delta^-$ を-0.45%とした組み合わせが光の最適伝搬条件を与える。この最適伝搬条件から外れるに従い光の伝搬性能が低下する。例えば、 $\Delta^+ = +2.8\%$ 、 $\Delta^- = -0.7\%$ とした光ファイバでは、 $\Delta^-$ が大き過ぎて光の伝搬性能が低下し、また、 $\Delta^+ = +2.1\%$ 、 $\Delta^- = -0.35\%$ とした光ファイバでは $\Delta^+$ が小さ過ぎるため同様に光の伝搬性能が低下する。

【0040】本発明の如く、 $\Delta^+ = +2.8\%$ 、 $\Delta^- = -0.45\%$ の値を与えることで、光伝搬の最適伝搬屈折率が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る波長多重伝送用分散補償光ファイバの一実施形態例を示すファイバ構成の説明図である。

【図2】本実施形態例の分散補償光ファイバの分散スロープと分散の各種実測データのグラフである。

【図3】本実施形態例の分散補償光ファイバの誘導ブリルアン散乱の実測データのグラフである。

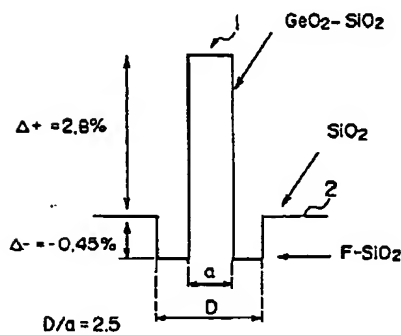
【図4】従来の一般的な単純ステップ形の光ファイバ構造の説明図である。

【図5】特開平6-11620号公報に示されている5種類の屈折率構造の説明図である。

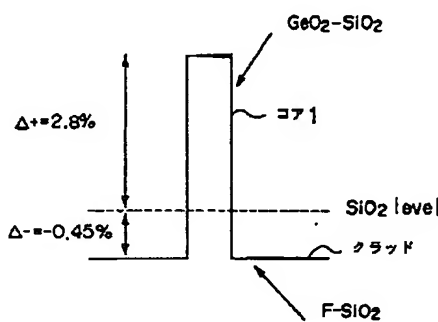
【符号の説明】

- 1 コア
- 2 内部クラッド層

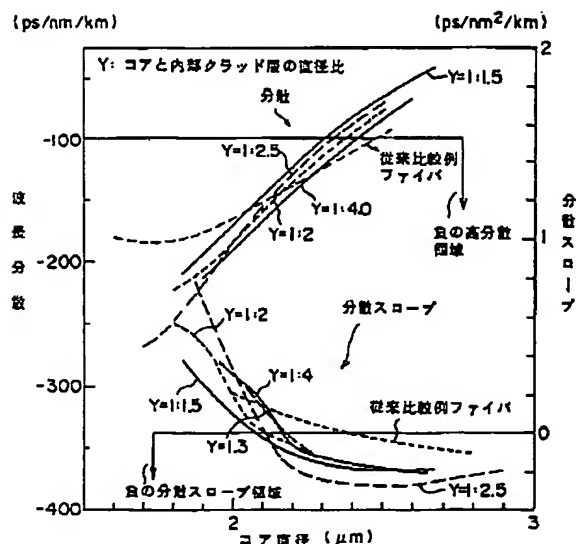
【図1】



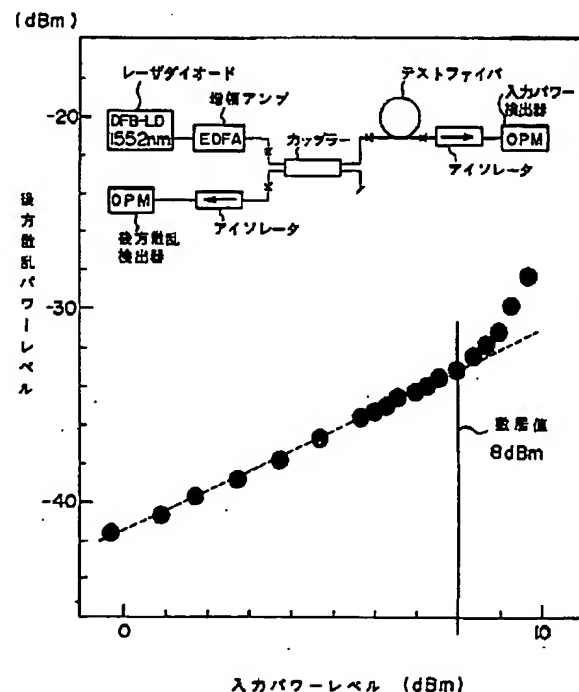
【図4】



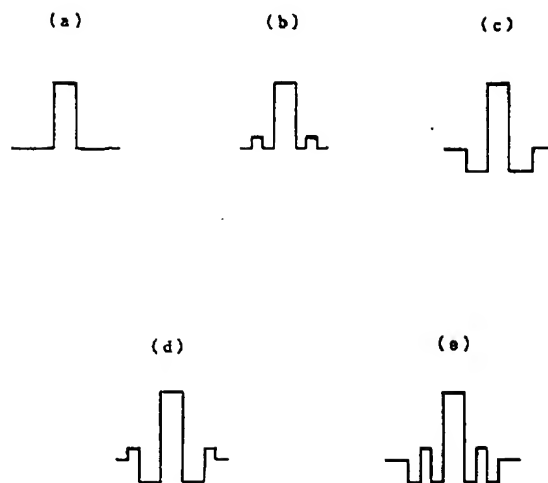
【図2】



【図3】



【図5】



---

フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 10/18

H 0 4 J 14/00

14/02

(72) 発明者 小倉 邦男

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内